

KHCM-5, KHCR Encapsulated High-Temperature Strain Gage INSTRUCTION MANUAL

1. Standard accessories

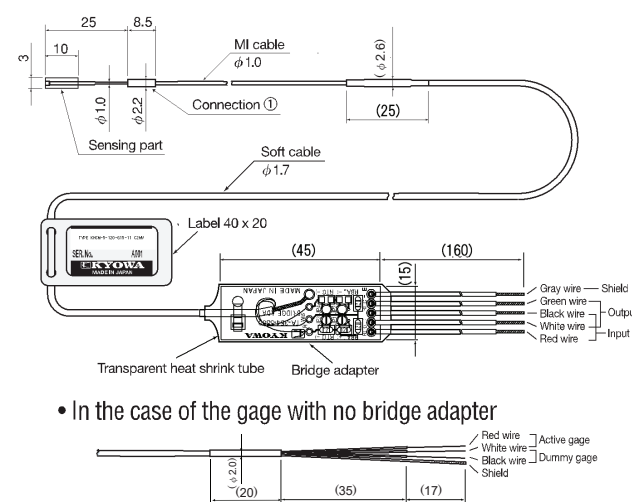
This product comes with the standard accessories listed below. When unpacking, be sure to check that all the accessories are included.

Metal belt (Ni-Cr, L100 x W3 x t0.05 mm)	2
Weld test metal piece (NCF600, L30 x W5 x t0.1 mm)	2
Test data sheet	1
Instruction manual	1

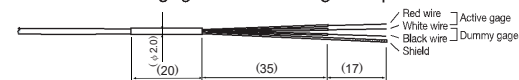
The gage with no bridge adapter attached is provided with following additional accessories.

Temperature compensating resistor (R _{TC} : with red tube)	1
Temperature compensating resistor (R _{LC} : with no tube)	1
Balancing resistor (R _{BAL} : with white tube)	1

2. Parts identification and dimensions



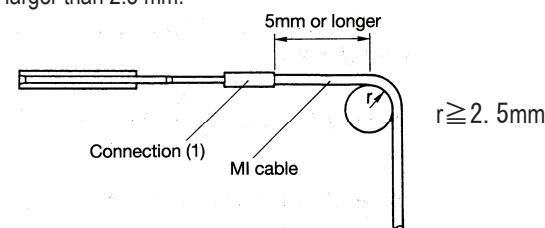
• In the case of the gage with no bridge adapter



(Unit:mm)

3. Handling precautions

- 3.1 This gage is installed by spot welding. It is therefore installable to steel materials chiefly. It cannot be installed to aluminum or copper materials.
- 3.2 Maximum operating temperature is 650°C (KHCM) or 750°C (KHCR). Avoid using the gage at a temperature higher than maximum operating temperature.
- 3.3 Do not cut the MI cable halfway.
- 3.4 In order to avoid bending and twisting of the sheath tube, fix the MI cable using the accessory metal belt before installing the sensing part.
- 3.5 When the MI cable has to be bent, be sure that the corner is more than 5mm apart from connection (1), and the radius of curvature is larger than 2.5 mm.



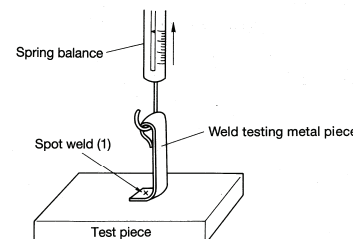
- 3.6 It is recommended to use the KYOWA GW-3C spot welder.
- 3.7 Use DB-120A with the gage no bridge adapter attached.
- 3.8 The cable tip of the product is assembled with the Lead-free solder. Be sure to use the Lead-free solder (Sn96.5%, Ag3%, Cu0.5%) when soldering the cable.

4. Installation

4.1 Spot-welding requirements

Welding energy :	Approx. 10W · s
Electrode pressing force :	Approx. 10N (Ref. 1kgf)
Diameter of electrode tip :	Approx. 0.8 mm
Welding strength :	15N or higher (Ref. 1.5kgf or higher)

Measure welding strength using the accessory weld testing metal piece as illustrated below.



Where no spring balance is available...

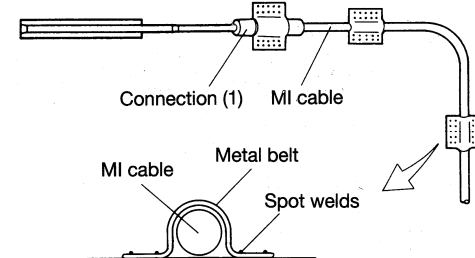
Pull the weld testing metal piece with a pair of pliers or the like. If a hole is thus made in the metal piece while the spot weld remain on the test piece, the welding strength satisfies the requirement for strain measurement.

4.2 Prepare the surface of measuring object

Polish the surface of the measuring object using sandpaper (#320 or thereabouts). Remove dust, oil, etc. with a solvent such as acetone. Stained measuring object or electrode tip may cause lots of sparks during spot welding, thereby damaging the gage and electrode.

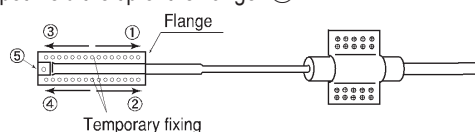
4.3 Fix the MI cable

- a. Set the sensing part in place on the measuring object.
- b. Using the accessory metal belt and spot weld, fix the connection (1) and the MI cable. While welding, be sure to use protective glasses to keep burning materials out of the eye.



4.4 Install the sensing part

- a. Temporarily fix the sensing part by welding 2 spots at the center of the flange.
- b. Spot weld the flange to measuring object in the order of ① to ④ from the center to the end of flange at intervals of 0.7 to 0.8mm.
- c. Spot weld the tip of the flange ⑤.



Note) Welding energy setting conditions of GW-3C spot welder

Welding position	Setting		Welding energy
	COARSE	FINE	
① to ④	LOW	5	12.5 W · s
⑤	HIGH	3	15 W · s

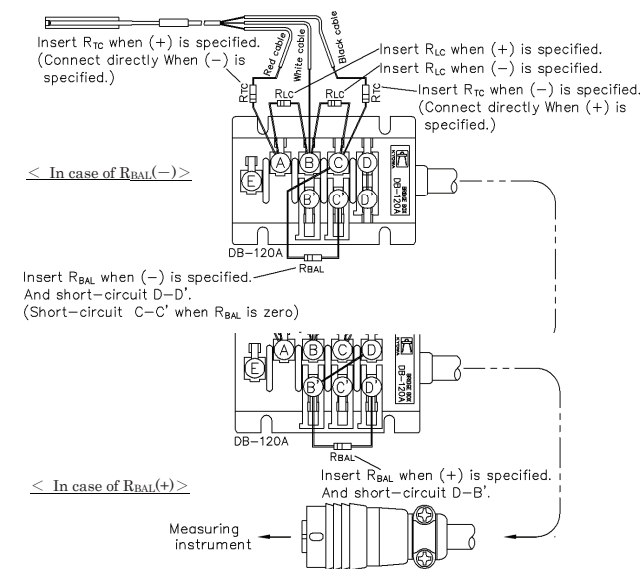
5. Connection with the measuring instrument

5.1 In the case of the gage with bridge adapter attached

For static strain measurement, connect the wires of the bridge adapter to the measuring instrument such as UCAM-60B/65B. For dynamic strain measurement, connect the wires of the bridge adapter to the wires of the optional input cable (U-21 to U-24), color to color, and cover the connection with vinyl tape or the like for insulation. Then, connect the cable plug to measuring instrument such as EDX-100A. For caution's sake, the gray wire should not be connected to the shield wire.

5.2 In the case of the gage with no bridge adapter attached

As shown below, connect the wires of the soft cable to the DB-120A and insert 3 accessory resistors. Then, connect the wires of the adapter to the measuring instrument. Then inserting resistor positions are stated in the test data sheet.



5.3 Fix the cable

Fix the MI cable. Do not move it after fixing. The Zero point may drift, when the MI cable is moved during measurement.

6. Conversion

Using the equation below, obtain the stress-initiated strain from a strain reading on the measuring instrument.

$$\epsilon_{A(T)} = [\epsilon_{B(T)} - \epsilon_{C(T)}] \times [2 / K_{S(T)}] \quad \dots\dots(1)$$

where,

- $\epsilon_{A(T)}$: Stress-initiated strain at temperature T
- $\epsilon_{B(T)}$: Strain reading at temperature T
- $\epsilon_{C(T)}$: Thermally-induced apparent strain at temperature T
- $K_{S(T)}$: Gage factor at temperature T

Obtain $\epsilon_{C(T)}$ and $K_{S(T)}$ from the test data sheet.

How to obtain K_s and ϵ_c

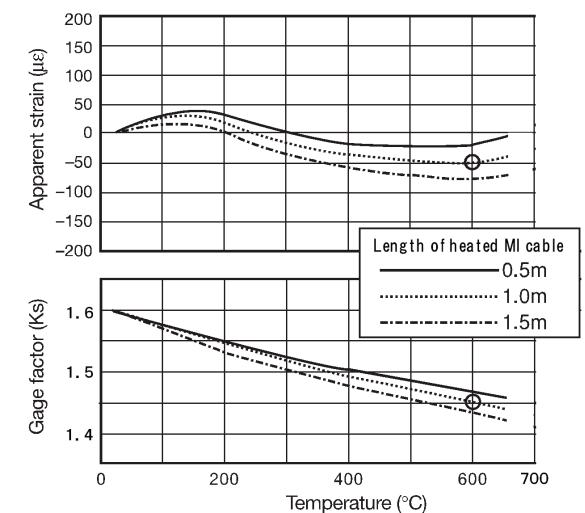
- (1) Referring to the graph on the test data sheet, find the gage factor K_s and thermally-induced apparent strain ϵ_c of the overall gage from the sensing part temperature and the length of MI cable heated to the same temperature as the sensing part.

Depending on the location, the temperature of the MI cable changes. Convert the length of MI cable as same temperature as the sensing part.

- (2) Overall gage factor K_s and thermally-induced apparent strain ϵ_c can also be obtained using the equations stated on the test data sheet.
Linear expansion coefficient matching the measurement application is calculated as the equation "K" described on the test data sheet. Use the exact linear expansion coefficient when you know it. So, it is needless to use the equation "K".

Example) Case on KHCM

Sensing part temperature: 600°C
Length of heated MI cable: As 1.0 m
Strain reading ϵ_B at 600°C: 312 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$)



From the graph, ϵ_c and K_s at 600°C can be obtained as follows:

$$\epsilon_{C(600)} : -50 \mu\epsilon (\mu\text{m/m})$$

$$K_{S(600)} : 1.45$$

Accordingly, the stress-initiated strain ϵ_A at 600°C can be obtained using the equation (1) as follows:

$$\epsilon_{A(600)} = [312 - (-50)] \times [2 / 1.45] = 500 \mu\epsilon (\mu\text{m/m})$$

7. Specifications

Item	Model	KHCM-5-120-G15	KHCR-5-120-G16
Maximum operating temperature		650°C	750°C
Compensated temperature range		25 to 650°C	25 to 750°C
Gage factor (sensing part only)		Approx. 1.5 (at room temp.) Approx. 1.4 (at 650°C)	Approx. 1.2 (at 750°C)
Gage type:	2-element temperature compensation type (active and dummy gages)		
Material of resistive element:	Heat resisting special alloy wire		
Gage resistance:	Approx. 120Ω		
Gage length:	5mm		
Applicable linear expansion constant:	11,13,16×10 ⁻⁶ /°C ---- 3 kinds		
Lead wire cable (MI Cable):	3-conductor MI cable, 1mm diameter by 2m long at standard		
Lead wire cable (Soft cable):	3-conductor fluoroplastic shielded cable, 1.7mm diameter by 50cm long at standard		
Insulation resistance:	1000MΩ or more (at room temp.)		
Material of flange and tube:	Inconel 600 (NCF600)		
Maximum safe current:	50mA		
Minimum installable radius of curvature:	15mm		
Gage installation method:	Spot welding		
Compliance:	Directive 2011/65/EU,(EU)2015/863 (10 restricted substances) (RoHS)		

Actual values at high temp. (for reference purpose only)

Drift: (650°C:KHCM,750°C:KHCR)	±20 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$)/h or less
Fatigue life: (650°C:KHCM,750°C:KHCR)	1×10 ⁶ times or more. (±500 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$))

The specifications are for reference purpose only. Actual values may vary depending on operating conditions including temperatures.

KHCM-5、KHCR型 カプセル型高温ひずみゲージ 取扱説明書

1. 標準付属品

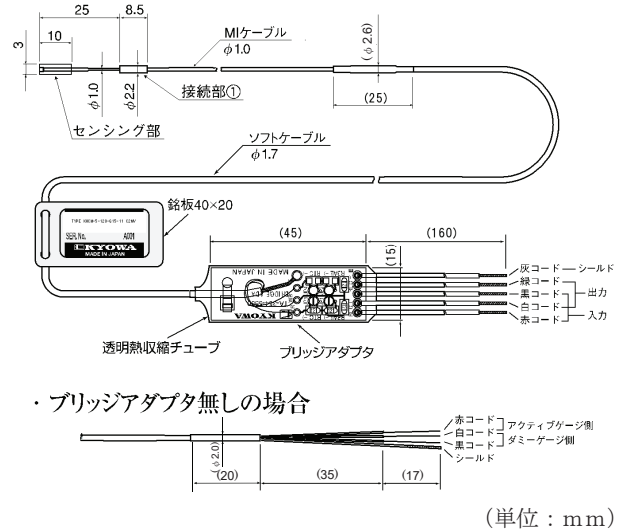
本品には、下記の付属品が標準付属しています。梱包を開けたら付属品が揃っているかお確かめください。

金属帯 (材質: Ni-Cr、寸法: L100×W3×t0.05mm)	2 枚
溶接テスト用金属片 (材質: NCF600、寸法: L30×W5×t0.1mm)	2 枚
検査成績書	1 枚
取扱説明書	1 枚

ブリッジアダプタ無しの場合、さらに以下の抵抗器が付属しています。

温度補償用抵抗器 (R _{TC} :赤色チューブ付)	1 個
温度補償用抵抗器 (R _{LC} :チューブ無し)	1 個
バランス用抵抗器 (R _{BAL} :白色チューブ付き)	1 個

2. 各部の名称および寸法



3. 使用上の注意

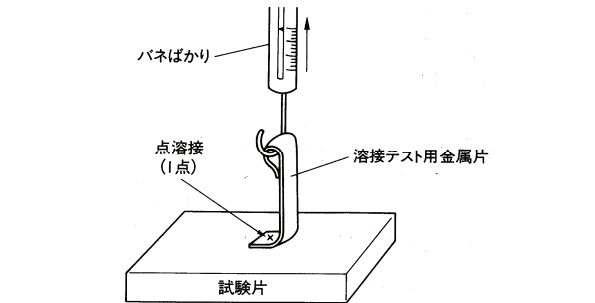
- 本ゲージの取付けは点溶接ですので、取付けが出来るのは主に鉄系材料です。アルミ・銅等には取付けができません。
 - 本ゲージの最高使用温度はKHCM: 650℃、KHCR: 750℃です。最高使用温度以上では使用しないでください。
 - M I ケーブルを途中で切断しないでください。
 - シースチューブの曲がりやねじれを防ぐために、センシング部取付け前にM I ケーブルを付属の金属帯で固定してください。
 - M I ケーブルを曲げる場合は、接続部①より5mm以上離し、曲率半径rは2.5mm以上にしてください。
-
- 点溶接機は「GW-3C」を推奨しています。
 - ブリッジアダプタ付きでない場合、ブリッジボックス DB-120A を使用してください。
 - 本製品のケーブル先端は、鉛フリーはんだで処理しています。はんだ付けには、鉛フリーはんだ (Sn96.5%、Ag3%、Cu0.5% 相当) をご使用ください。

4. 取付手順

4.1 溶接条件の確認

- 溶接エネルギー … 約 10W・s
電極押付力 … 約 10N (参考値: 約 1kgf)
電極先端径 … 約 φ0.8mm
溶接強度 … 15N 以上 (参考値: 約 1.5kgf 以上)

溶接強度測定方法: 付属の溶接テスト用金属片を使用して、下図のように測定します。



バネばかりが無い場合…

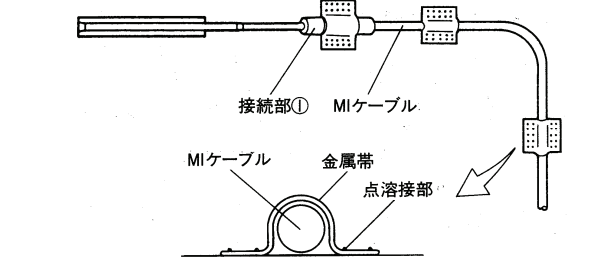
ペンチ等で引っ張り、剥離させます。金属片に穴があき、点溶接部が試験片に残れば、ひずみ計測に必要な溶接強度があると判断します。

4.2 表面処理

被測定物の表面をサンドペーパー (#320 程度) で研磨し、アセトン等の溶剤で汚れ、油等をよく拭き取ります。被測定物や電極の先端が汚れていると、点溶接時に大きな火花を生じ、ゲージや電極を損傷することがあります。

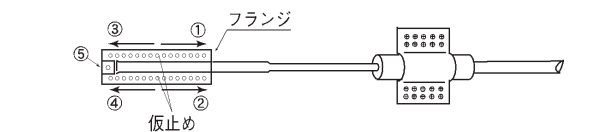
4.3 M I ケーブルの固定

- センシング部を取付け箇所位置決めします。
 - 接続部①およびM I ケーブルを付属の金属帯を使用して点溶接で固定します。
- 溶接時には防護メガネを使用してください。



4.4 センシング部の取付け

- フランジ中央部を2箇所仮止め溶接します。
 - フランジ中央部から端に向かって①～④の順に点溶接をします。点溶接の溶接間隔は、0.7～0.8mmで等間隔に行います。
- C. フランジ先端部⑤を溶接します。



※点溶接機 GW-3C の溶接エネルギー設定条件

溶接位置	設定		溶接エネルギー
	COARSE	FINE	
①～④	LOW	5	12.5 W・s
⑤	HIGH	3	15 W・s

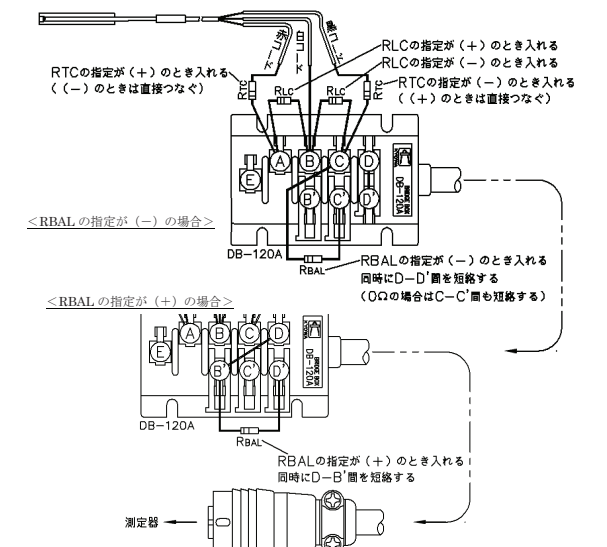
5. 測定器との接続

5.1 ブリッジアダプタ付きの場合

静ひずみ測定器 (UCAM 等) に接続する場合は、ブリッジアダプタに接続されているコードを測定器に接続します。動ひずみ測定器 (EDX 等) に接続する場合は、別売の入力ケーブル (U-21～24) を使用します。同色コード同士を接続後、ビニルテープ等で絶縁処理を行い、測定器と接続してください。なお、灰色コードとシールド線は接続しないでください。

5.2 ブリッジアダプタ無しの場合

付属の抵抗器3個とソフトケーブルを下図のようにブリッジボックス DB-120A に接続します。抵抗器の挿入位置は、付属の検査成績書に記載されています。



5.3 ケーブルの固定

測定中にM I ケーブルを動かすと、零点が移動することがあります。M I ケーブルを固定し、固定後はM I ケーブルを動かさないでください。

6. 換算

以下の式を用いて、測定器から得られた指示ひずみから、応力によるひずみを求めます。

$$\varepsilon_A(T) = [\varepsilon_B(T) - \varepsilon_C(T)] \times [2 / K_s(T)] \quad \cdots (1)$$

ただし、

- $\varepsilon_A(T)$: 温度 T における応力によるひずみ
 $\varepsilon_B(T)$: 温度 T における指示ひずみ
 $\varepsilon_C(T)$: 温度 T における みかけひずみ
 $K_s(T)$: 温度 T におけるゲージ率

なお、 $\varepsilon_C(T)$ 、 $K_s(T)$ については、付属の検査成績書から求めてください。

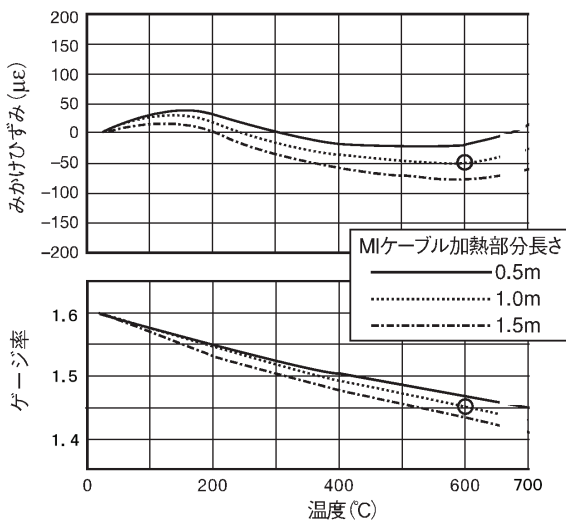
$\varepsilon_C(T)$ 、 $K_s(T)$ の求め方について

- 検査成績書のグラフを用いて、センシング部の温度とM I ケーブルが加熱される部分の長さから、ゲージ全体のゲージ率 K_s と、みかけひずみ ε_c を読み取ります。M I ケーブルは、その位置により温度が異なるため、センシング部と同一温度に相当するようにM I ケーブルの長さを換算してください。

- 検査成績書の式を用いて、ゲージ全体のゲージ率 K_s と、みかけひずみ ε_e を算出することもできます。なお、検査成績書の みかけひずみ は、被測定材の線膨張係数をK式で計算しています。被測定材の線膨張係数が既知のときは、K式にその値を代入してください。

例) KHCMの場合

測定温度 T	: 600℃
M I ケーブルの加熱部分の長さ	: 1.0m相当
600℃における指示ひずみ ε_B	: 312×10^{-6} ひずみ ($\mu\varepsilon$)



グラフより、600℃における ε_c および K_s は以下の通り求められます。

$$\varepsilon_c(600) : -50 \times 10^{-6} \text{ ひずみ}$$

$$K_s(600) : 1.45$$

したがって、600℃における応力によるひずみ ε_A は、式(1)より、
 $\varepsilon_A(600) = [312 - (-50)] \times [2 / 1.45] = 500 \times 10^{-6}$ ひずみと求まります。

7.仕様

型式名	KHCM-5-120-G15	KHCR-5-120-G16
項目		
最高使用温度	650℃	750℃
温度補償範囲	25～650℃	25～750℃
ゲージ率 (センシング部のみ)	約 1.5 (室温)	約 1.2 (750℃)
	約 1.4 (650℃)	

ゲージタイプ	: 2素子温度補償型 (アクティブ・ダミー)
抵抗素子材質	: 耐熱特殊合金線
ゲージ抵抗値	: 約 120Ω
ゲージ長	: 5mm
適合線膨張係数	: 11、13、16×10 ⁻⁶ /℃の3種類
リード線 (M I ケーブル)	: 3心 M I ケーブル標準長 2m、外径 1mm
リード線 (ソフトケーブル)	: 3心シールドふっ素樹脂ケーブル標準長 50cm、外径 1.7mm
絶縁抵抗値	: 1000MΩ以上 (室温)
チューブ・フランジ材質	: インコネル 600 (NCF600)
最大許容電流	: 50mA
取付可能な最小曲率半径	: 15mm
ゲージ取付方法	: 点溶接
適合指令	: RoHS 指令 2011/65/EU, (EU)/2015/863 (10物質)

高温における実績値 (参考)

ドリフト (650℃: KHCM, 750℃: KHCR)	: ±20×10 ⁻⁶ ひずみ/h 以内
疲労寿命 (650℃: KHCM, 750℃: KHCR)	: 1×10 ⁶ 回 (±500×10 ⁻⁶ ひずみ)

記載の特性は参考値であり、温度の影響等、使用条件により変化します。